

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑪ **DE 39 11 259 A 1**

⑤1 Int. Cl. 5:  
**G 05 D 3/20**  
F 15 B 13/044  
F 15 D 1/00  
G 05 D 7/06

②1 Aktenzeichen: P 39 11 259.4  
②2 Anmeldetag: 7. 4. 89  
④3 Offenlegungstag: 11. 10. 90

DE 3911259 A1

⑦1 Anmelder:  
Mannesmann Rexroth GmbH, 8770 Lohr, DE

⑦2 Erfinder:  
Voxbrunner, Walter, 8770 Lohr, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 **Ansteuerelektronik für ein elektrisch verstellbares Regelventil**

Zur Verringerung des technischen Aufwandes einer Ansteuerelektronik für ein elektrisch verstellbares Regelventil wird durch stufenweise Veränderung der Verstärkung über den gesamten Regelhub eine konstante Ventilverstärkung und damit eine lineare Ventilkennlinie erzeugt. Die nichtlineare Ventilverstärkung wird vorher gemessen und daraus eine Verstärkungskorrektur ermittelt, die zu den entsprechenden Sollwertstufen in einem Festwertspeicher abgelegt wird. Das Eingangssollwertsignal  $E_{soll}$  von einer handelsüblichen CNC-Steuerung wird in der Ansteuerelektronik durch die Korrektur so verändert, daß das Regelventil z. B. im Nullbereich ein größeres Führungssignal  $S_{soll}$  bekommt als das Eingangssollwertsignal  $E_{soll}$ . Bei konstantem  $\Delta p$  ergibt sich eine lineare Durchflußkennlinie. Dabei ist die Auflösung des korrigierten Sollwertsignals nur von der Auflösung des Eingangssollwertsignals abhängig, denn zwischen den Sollwertstufen wird der Eingangssollwert stufenlos durch Multiplikation korrigiert.

DE 3911259 A1

Die Erfindung betrifft eine Ansteuerelektronik für ein elektrisch verstellbares Regelventil nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1. Bei einer durch das DE-Patent 29 16 172 bekannten Ansteuerelektronik wird der Eingangssollwert über einen A/D-Wandler geführt und die daraus sich ergebenden Digitalwerte einem die Korrekturwerte enthaltenden Festwertspeicher als Adresse angelegt und die entsprechenden Korrekturwerte aus dem Festwertspeicher mit dem digitalisierten Eingangssollwert in einem Addierer addiert und das daraus sich ergebende korrigierte Eingangssollwertsignal über einen D/A-Wandler in ein analoges Führungssignal für das Regelventil umgewandelt. Bei einer weiteren bekannten Ventilansteuerung (Aufsatz in o+p, 29, 1985, Nr. 1, Seite 21 bis 24 Scholz, Ventilansteuerung ...) wird das digital vorliegende Eingangssollwertsignal über einen Mikroprozessor geführt, in dem eine Kennlinienkorrektur durch Addition, Multiplikation oder Substitution erfolgt. Diese bekannten Ansteuerelektroniken erfordern eine verhältnismäßig aufwendige Technik.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Ansteuerelektronik zu schaffen, die mit weniger technischem Aufwand eine gleiche Auflösung des korrigierten Eingangssollwertsignals (Führungssignal) gewährleistet wie die bekannten Ansteuerelektroniken. Dies wird mit den kennzeichnenden Merkmalen des Anspruchs 1 erzielt.

Der Erfindung liegt der grundsätzliche Gedanke zugrunde, daß gegenüber der bekannten Lösung (DE-Patent 29 16 172) im Festwertspeicher anstelle von digitalen Absolutwerten Verstärkungswerte abgelegt sind, die mit dem analogen Eingangssignal multipliziert werden. Dadurch erübrigt sich ein zusätzlicher Addierer bzw. nach dem Aufsatz von Scholz ein Mikroprozessor.

Weitere Ausbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Merkmalen der Unteransprüche.

Dadurch, daß das Eingangssollwertsignal vor dem A/D-Wandler mit einer oszillierenden Spannung überlagert wird, deren Frequenz weit über der Eigenfrequenz der Regelstrecke liegt, können die Spannungssprünge zwischen den Verstärkungsstufen reduziert werden. Dies liegt darin begründet, daß das Verstärkungsraster gegenüber dem Eingangssollwertsignal über eine gewisse Bandbreite oszilliert und sich ein Mittelwert der Verstärkung bildet.

Durch Anordnung eines Zählers und Addierers zwischen A/D-Wandler und Festwertspeicher kann ebenfalls ein Mittelwert der Verstärkung aus einer digital einstellbaren Zahl von Verstärkungsstufen erzielt werden.

Das Ventil ist als Kolbenventil ausgebildet, dessen Blende Steuernuten aufweist. Dadurch werden weiche Übergänge bei Richtungswechsel bzw. bei Anfahrt erzielt.

Der V-förmige Querschnitt des Blendenkolbens ergibt zunächst eine mit dem Ventilhub (Sollwert) ansteigende Verstärkung und somit eine nichtlineare Durchflußkennlinie, die annähernd quadratisch verläuft. Durch die Korrektur des Eingangssollwertsignals erhält die Durchflußkennlinie einen linearen Verlauf, wobei sich der Einfluß der geringen Hysterese im Nullbereich positiv auf das Regelverhalten des Ventils auswirkt.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend anhand der Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild der Ansteuerelektronik

zwischen einer CNC-Steuerung und einem Regelventil,

Fig. 2 Kennlinien der Verstärkung und des Durchflusses, wobei die korrigierte Kennlinie des Durchflusses gestrichelt gezeichnet ist.

In Fig. 1 ist ein Proportional - Wegeventil (8) mit seinem Schaltsymbol dargestellt. Die Einstellung des Kolbenhubes (Sollwert) erfolgt durch die Proportionalmagnete  $M_1$ ,  $M_2$  je nach Durchflußrichtung.

Die Position des Blendenkolbens (11) wird in einem Wegaufnehmer (9) in eine Spannung  $U$  umgesetzt. In einem Regelverstärker (10) wird der Sollwert  $S_{\text{soll}}$  für den Kolbenhub mit dem Istwert des Wegaufnehmers (9) verglichen und entsprechend dem Differenzwert der Proportionalmagnet  $M_1$  bzw.  $M_2$  angesteuert. Durch diesen Lageregelkreis wird gewährleistet, daß der Istwert dem Sollwert für den Öffnungshub entspricht.

Geht man von einem V-förmigen gleichschenkligen Öffnungsquerschnitt des Ventils aus, so ergibt sich eine annähernd quadratische Durchflußbeziehung zwischen dem Volumenstrom  $Q$  und dem Sollwert für den Kolbenhub  $S_{\text{soll}}$ , wenn  $\Delta p$  zwischen Ein- und Ausgang des Ventils konstant gehalten wird. Diese quadratische Abhängigkeit des Volumenstromes  $Q$  von dem Kolbenhub  $S_{\text{soll}}$  gilt es durch eine entsprechende umgekehrte quadratische Verstärkung des vorgegebenen Kolbenhubes  $E_{\text{soll}}$  zu kompensieren.

In Fig. 1 ist die bekannte handelsübliche CNC-Steuerung und das Proportionalventil mit Lageregelkreis durch die Ansteuerelektronik ergänzt. Die am Eingang der Korrekturschaltung  $K$  anliegende Sollspannung  $E_{\text{soll}}$  wird über einen A/D-Wandler (1) mit beliebiger Auflösung in ein digitales Wort umgesetzt, welches an die Adresseneingänge des die Korrekturwerte beinhaltenen EPROM's (2) gelegt wird. Die Datenausgänge des EPROM's (2) sind mit den Adresseneingängen eines multiplizierenden D/A-Wandlers (3) verbunden, an dessen Referenzeingang die Sollspannung anliegt. Dem D/A-Wandler nachgeschaltet ist ein Operationsverstärker (4). Der Ausgang des Operationsverstärkers (4) bildet das Führungssignal  $S_{\text{soll}}$  für den Kolbenhub des Regelventils.

Die beschriebene Schaltung unterteilt den von der CNC-Steuerung ausgegebenen analogen Eingangssollwert  $E_{\text{soll}}$  entsprechend der Auflösung des A/D-Wandlers (1) in Stufen, denen, durch das im EPROM (2) programmierte Wort, eine bestimmte Verstärkung zugeordnet ist.

Zwischen den Verstärkungsstufen treten für das korrigierte Führungssignal  $S_{\text{soll}}$  Spannungssprünge auf. Damit diese Spannungssprünge minimiert werden, wird von einem Oszillator (5) über den Operationsverstärker (6) eine Dreiecksspannung auf das Eingangssollwertsignal überlagert. Die Frequenz des Dreieckssignales liegt weit über der Eigenfrequenz der Regelstrecke.

Die Dreiecksspannung wird im A/D-Wandler in eine Reihe von Adressen gewandelt. Den verschiedenen Adressen zugeordnet sind die Verstärkungsfaktoren, die dann für die langsamere Regelstrecke einen Mittelwert der Verstärkung bilden.

Alternativ kann auch anstelle der Dreiecksspannung hinter dem A/D-Wandler ein Zähler und Addierer (7) verschiedene Adressen in Bezug auf die gewandelte, dem Eingangssollwertsignal entsprechende Adresse bilden. Die verschiedenen Adressen lesen aus dem Festwertspeicher ebenfalls wieder benachbarte Verstärkungsfaktoren aus, die einen Mittelwert bilden und damit die Spannungssprünge vermindern.

Durch geeignete Wahl des Verstärkungsfaktors am

Operationsverstärker (4) läßt sich das korrigierte Sollwertsignal sowohl verstärken als auch abschwächen. Die Auflösung des korrigierten Signales wird von der Auflösung des Eingangssignales bestimmt.

Fig. 2 zeigt ein Durchflußdiagramm eines Wegeventils mit V-förmiger Steuernut des Steuerkolbens, wobei die Durchflußmenge in Abhängigkeit des elektrischen Eingangssignals aufgetragen ist, sowie die daraus sich ergebende Verstärkungskennlinie, die sich aus dem jeweiligen Verhältnis der Durchflußmenge zur Größe des Eingangssignales ergibt. Es ist zu erkennen, daß im Nullbereich eine sehr kleine Verstärkung von ca. 20% und bei maximalem Durchfluß eine sehr große Verstärkung von ca. 105% vorliegt. Zur Erzielung eines proportionalen Regelverhaltens des Ventils entsprechend des gestrichelten Kurvenverlaufes ist eine konstante Verstärkung erforderlich. Dies wird gemäß der Erfindung durch die Multiplikation des elektrischen Eingangssignals  $E_{\text{soll}}$  mit den im Speicher hinterlegten ventilspezifischen Korrekturwerten erzielt.

Die Erfindung ist nicht auf das dargestellte Wegeventil beschränkt. Vielmehr ist die Erfindung auch bei anderen Regelventilen (wie Servo-, Strom- und Druckventilen) realisierbar.

#### Patentansprüche

1. Ansteuerelektronik für ein elektrisch verstellbares Regelventil mit einer Korrekturschaltung für die Ventilkennlinie, bestehend aus einem A/D-Wandler (1), Speicher (2) und D/A-Wandler (3), gekennzeichnet durch stufenweise Veränderung der Verstärkung des Eingangssollwertsignals ( $E_{\text{soll}}$ ) durch im Speicher hinterlegte Korrekturwerte.
2. Ansteuerelektronik für ein elektrisch verstellbares Regelventil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Eingangssollwertsignal vor dem A/D-Wandler (1) mit einer oszillierenden Spannung (5, 6) überlagert ist, deren Frequenz weit über der Eigenfrequenz der Regelstrecke liegt.
3. Ansteuerelektronik nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen A/D-Wandler (1) und Festwertspeicher (EPROM 2) ein Zähler und Addierer (7) zur Variierung der Adressen für den Speicher angeordnet ist.
4. Ansteuerelektronik nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Ventil als Kolbenventil ausgebildet ist und eine nichtlineare Durchflußkennlinie aufweist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

— Leerseite —

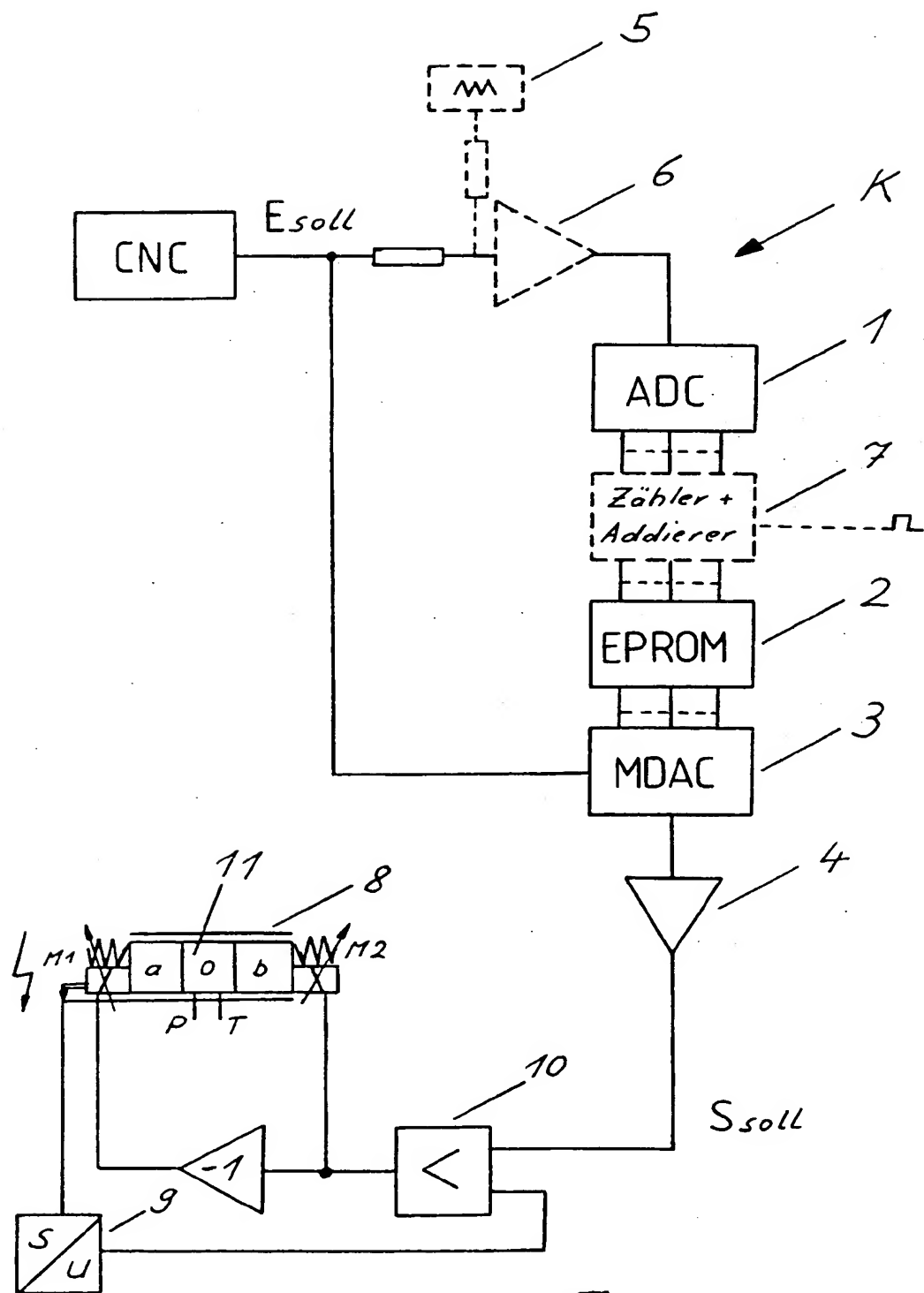
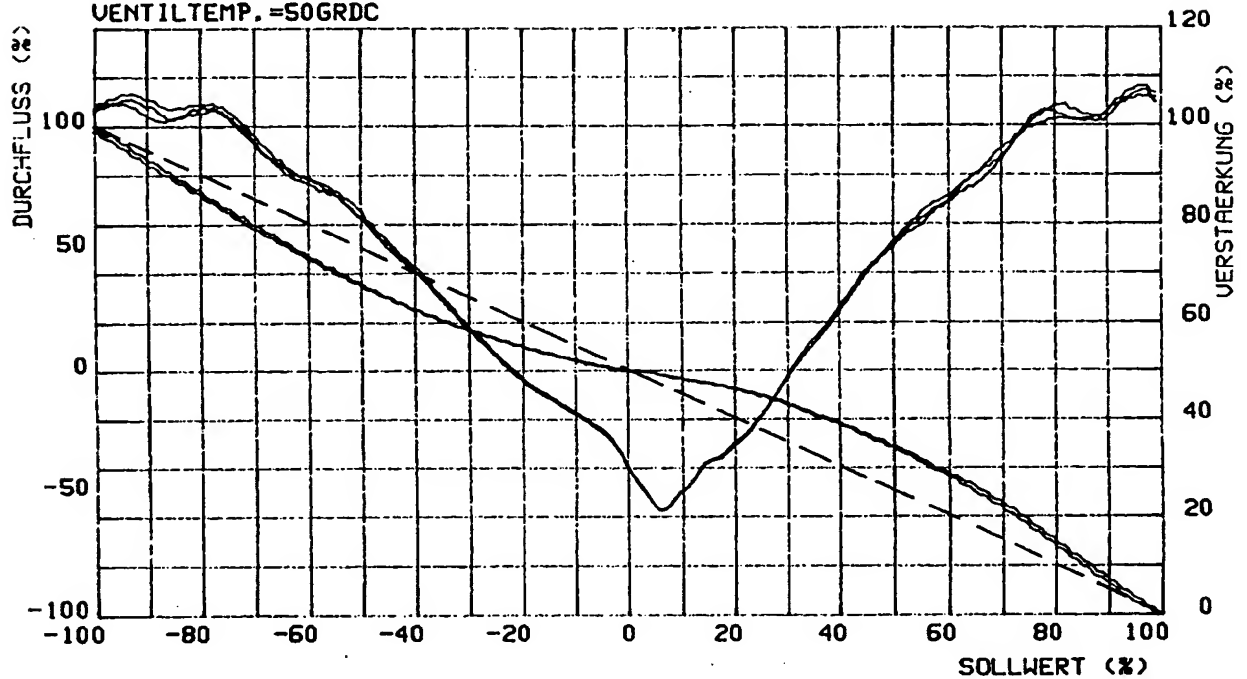


Fig. 1

*100% - Werte*

Q= +/- 15L/MIN  
SW= 1.91... -1.41(VOLT)  
UQ= 12.0L/MIN/V  
P= 70BAR  
VENTILTEMP.=50GRDC

Q= +/- 26 CCM/MIN  
0.265... 0.225(VOLT)

*Esoll**Fig. 2*